



Discussão sobre a determinação da idade do granito do Porto pelo sistema Rb-Sr: implicações do valor da constante de decaimento do ^{87}Rb

Discussion on the Rb-Sr age determination of Porto granite: implications of the ^{87}Rb decay constant

Almeida, A.^{1*}; Santos, J. F.²; Noronha, F.¹

¹ CGUP, DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto,
Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, *aalmeida@fc.up.

² Geobiotec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro
3810-193 Aveiro, jfsantos@ua.pt

Resumo

A determinação da idade absoluta por métodos isotópicos constitui um dado indispensável no constrangimento das condições petrogenéticas e evolutivas de uma rocha, contribuindo para uma melhor caracterização do seu enquadramento geológico e tectónico. As rochas graníticas da região do Porto têm sido alvo de diversos estudos isotópicos e geocronológicos que permitiram estabelecer comparações recorrendo a diferentes métodos, nomeadamente U-Pb, Rb-Sr e Sm-Nd. No presente trabalho discute-se a determinação da idade do granito peraluminoso de duas micas do Porto pelo sistema Rb-Sr com base em propostas mais recentes de um valor da constante de decaimento do ^{87}Rb , assumida como mais rigorosa da habitualmente recomendada, tendo-se obtido a idade de 312 ± 7 Ma para a instalação do granito do Porto, confirmando a sua afiliação com o grupo dos granitos sintectónicos. Estes resultados passam também a ser mais concordantes com as idades sugeridas em trabalhos anteriores pelo método U-Pb em zircão e monazite para o mesmo granito.

Palavras-chave: Rb-Sr, U-Pb, Granito, constante de decaimento de ^{87}Rb

Abstract

The determination of absolute ages by isotopic systematics is an indispensable datum to constrain the petrogenesis and evolution conditions of a rock, being a contribution to a better characterization of the geological and tectonic settings. The granitic rocks of Porto region have been the object of several isotopic and geochronological studies that have allowed a comparative approach by different methods, namely U-Pb, Rb-Sr and Sm-Nd. In the present paper the age determination of the Porto peraluminous two-mica granite by the Rb-Sr systematics is discussed on the basis of recent estimates of the Rb decay constant, assumed as more accurate than the constant usually recommended, suggesting the age of 312 ± 7 Ma for the emplacement of the Porto granite, in agreement with its affiliation to the group of syntectonic granites related with the third Hercynian deformation phase. These results are also more concordant with the U-Pb ages reported in previous works for zircon and monazite of the same granite.

Keywords: Rb-Sr, U-Pb, Granite, ^{87}Rb decay constant

Introdução

O estudo do granito do Porto, com base na petrografia, mineralogia, geoquímica e no seu contexto geodinâmico, permite que seja classificado no grupo dos granitos de duas micas, sintectónicos relativamente à terceira fase de deformação hercínica, D₃ (e.g., Ferreira *et al.*, 1987; Almeida, 2001; Almeida *et al.*, 2014).

O problema que se propõe discutir no presente estudo foi suscitado pela variação das idades apresentadas para o mesmo granito, em particular para as idades calculadas mais recentemente, com as quais se espera confirmar com maior precisão a coerência da instalação e cristalização do granito de duas micas que constitui o substrato da cidade do Porto.

Histórico das idades propostas para o granito do Porto

Os resultados pelo método Rb-Sr obtidos até ao momento sugeriram as idades de 394±58 Ma, 332± 6Ma e 317±19 Ma (Mendes, 1967/1968) a partir de isócronas respetivamente em rocha total, biotite e moscovite; 312±10 Ma (Priem *et al.*, 1970), 345±4 Ma (Abranches *et al.*, 1979), 343±10 Ma (Silva, 1995) e 306±7 Ma (Almeida *et al.*, 2014), em rocha total. Em todos os exemplos, a constante de decaimento do ⁸⁷Rb utilizada (originalmente ou em recálculos posteriores) foi a proposta por Steiger & Jäger (1977).

O estudo geocronológico U-Pb em zircão e monazite apresentado em Almeida (2001) e Martins *et al.* (2001) sugere o valor de 318±2 Ma para a idade do granito

Geologia isotópica de Rb-Sr

A determinação da idade absoluta de uma rocha recorrendo ao sistema Rb-Sr tem sido continuamente revista considerando o aperfeiçoamento das técnicas analíticas quer na obtenção dos teores dos elementos rubídio e estrôncio e respetivos resultados

isotópicos, quer nos métodos para se atingir uma constante de decaimento do ⁸⁷Rb o mais rigorosa possível. Na literatura encontram-se mais de duas dezenas de referências sugerindo diferentes métodos experimentais de determinação da constante de decaimento do ⁸⁷Rb, não tendo sido ainda possível chegar a um consenso quanto ao valor ideal a adotar. Neste trabalho, discutir-se-á apenas a comparação entre os resultados recorrendo às constantes de decaimento de ⁸⁷Rb de Steiger e Jäger (1977), devido à sua importância como recomendação da Subcomissão de Geocronologia da IUGS, e a duas referências mais recentes, Nebel *et al.* (2011) e Rotenberg *et al.* (2012), por se basearem em métodos mais atualizados e precisos. Apesar de alguma discrepância, as duas novas propostas têm como consequência a obtenção de valores de λ_{87} cerca de 2% inferiores à recomendada nas últimas décadas justificando uma discussão das idades do granito do Porto recalculadas com as novas constantes.

Tabela 1 – Dados das análises isotópicas para o sistema Rb-Sr em amostras do granito do Porto, segundo Almeida *et al.* (2014). Estes dados foram usados nos cálculos da idade cujos resultados se apresentam na tabela 2.

Amostra	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
9C-5	9.22 (± 0.26)	0.753166 (± 26x10 ⁻⁶)
ST1-7	24.46 (± 0.75)	0.828277 (± 28x10 ⁻⁶)
ST2-12	18.35 (± 0.52)	0.792127 (± 30x10 ⁻⁶)
ST3-6	34.38 (± 0.97)	0.860717 (± 33x10 ⁻⁶)
ST14-2	47.29 (± 1.34)	0.921667 (± 20x10 ⁻⁶)

A tabela 1 sintetiza os resultados de análises, para o sistema isotópico Rb-Sr, de amostras de testemunhos de sondagem de granito do Porto, criteriosamente selecionadas de modo a serem desprovidas de efeitos de processos de alteração meteórica. As razões ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr e ⁸⁷Rb/⁸⁶Rb mostram uma correlação perfeita (MSWD=0,71) e definem uma isócrona obtida por uma



solução de modelo 1 no programa Isoplot 4 (Ludwig, 2012), sendo 306 ± 7 Ma o valor de idade registado quando se utiliza a constante de Steiger e Jäger (1977). Não havendo indícios de fenómenos metassomáticos que tivessem causado re-homogeneização de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ à escala do maciço, a isócrona foi interpretada como representando a idade de instalação (Almeida *et al.*, 2014).

Geocronologia U-Pb

A determinação da idade do granito do Porto pelo sistema Rb-Sr em rocha total teve como principal objetivo confirmar a idade anteriormente obtida pelo método U-Pb (Almeida, 2001; Martins *et al.*, 2001), em duas frações de zircão e uma de monazite separadas a partir da amostra ST2-12 do presente estudo. Nessa amostra, verifica-se que as duas frações de zircão definem uma *discordia* inversa cuja interseção inferior é de $316,8 \pm 5,7$ Ma (MSWD=0.20). A monazite é ligeiramente discordante e indica uma idade $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ de 318 Ma (Almeida, 2001; Martins *et al.*, 2001).

Discussão e conclusões

A reavaliação do cálculo da constante de decaimento do ^{87}Rb tem recebido uma atenção por parte de muitos autores com a preocupação de se determinar o valor mais rigoroso possível que permita que o decaimento do ^{87}Rb para ^{87}Sr constitua um geocronómetro altamente preciso e comparável com outros sistemas com constantes de decaimento muito bem calibradas, como por exemplo o sistema U-Pb (e.g., Steiger e Jäger, 1977; Nebel *et al.*, 2011; Rotenberg *et al.*, 2012). O cálculo da idade do granito do Porto pela geocronologia Rb-Sr e usando o valor de λ_{87} preconizado por Steiger e Jäger (1977) resultou relativamente mais jovem do que a idade sugerida pela geocronologia U-Pb, respetivamente 306 ± 7 Ma e 318 ± 2 Ma. Estes resultados foram discutidos por Almeida *et al.* (2014) tendo-se

verificado que a margem de erro da idade obtida nos zircões (317 ± 7 Ma) permitia assumir a idade de 313 Ma, que se aplicou na interpretação dos resultados de geoquímica isotópica Sr-Nd revelando-se coerente com as características de granitos tipo S e confirmando os dados petrográficos, geoquímicos e estruturais.

Tabela 2 – Resultados do cálculo da idade Rb-Sr do granito do Porto em função da constante de decaimento utilizada. Foi utilizado sempre o mesmo conjunto de amostras (ver tabela 1).

Trabalho com proposta de λ_{87}	λ_{87} ($\times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$)	Idade calculada para o granito do Porto (Ma)
Steiger & Jager (1977)	1.42	306 ± 7
Nebel <i>et al.</i> (2011)	1.393	312 ± 7
Rotenberg <i>et al.</i> (2011)	1.397	311 ± 7

Para o presente estudo procedeu-se a uma reflexão sobre as novas propostas de constante de decaimento para o ^{87}Rb , calculadas por métodos distintos. Utilizaram-se dois valores: um igual a $1.393 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$, correspondente a uma semi-vida de 49,76 Ga, tendo sido determinado por comparação relativamente ao sistema U-Pb (Nebel *et al.*, 2011); o outro, de $1.397 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$, equivale a uma semi-vida de 49,62 Ga e foi obtido pelo método da acumulação de ^{87}Sr produzido em laboratório a partir de uma quantidade conhecida de ^{87}Rb durante um tempo determinado (Rotenberg *et al.*, 2012).

Com as constantes de decaimento recentemente propostas, os novos valores da idade do granito do Porto são, recorrendo a Isoplot 4 (Ludwig, 2012), 312 ± 7 Ma (Fig. 1), se usada a constante de Nebel *et al.* (2011), e 311 ± 7 Ma, se usada a constante de Rotenberg *et al.* (2012). As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ iniciais, em ambos os casos, são iguais a 0,7128, o que está de acordo com as características de tipo S apresentadas por este granito, tal como descrito por Almeida *et al.* (2014). Visto que a constante de decaimento não

interfere no cálculo de MSWD, as duas isócronas agora apresentadas, tal como a de Almeida *et al.* (2014), têm, para esse parâmetro de ajustamento à reta ideal, o valor de 0,71.

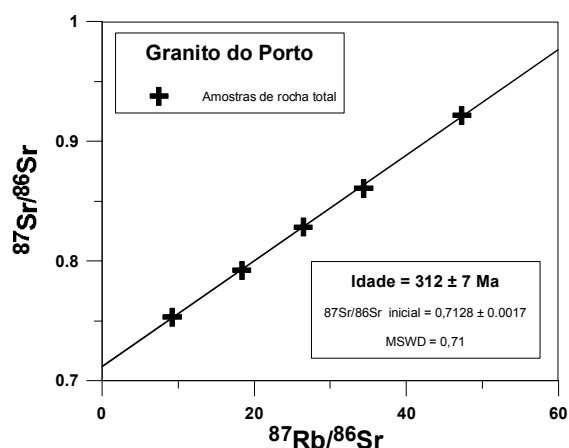


Fig. 1 – Isócrona Rb-Sr do granito do Porto, calculada com as razões isotópicas da tabela 1 e o valor de λ_{87} proposto por Nebel *et al.* (2011).

O exemplo do granito do Porto parece ser mais um dado no sentido dos resultados referidos por Nebel *et al.* (2011), segundo os quais há um melhor ajustamento entre as idades Rb-Sr e U-Pb se, para o primeiro sistema, se trabalhar com uma constante de decaimento inferior à proposta por Steiger & Jager (1977), tal como a que é apresentada no próprio trabalho de Nebel *et al.* (2011) ou uma outra (mas muito semelhante) sugerida por Rotenberg *et al.* (2012). A idade de 312 ± 7 Ma assim calculada para o granito do Porto reveste-se de uma importância acrescida ao precisar a idade Vestefaliana para a terceira fase de deformação hercínica, D₃, confirmando a inserção do maciço no grupo dos granitos sintectónicos sin-D₃ da Península Ibérica.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia, através dos projectos Petrochron (PTDC/CTE-GIX/112561/2009), Geobiotec (UID/GEO/04035/2013) e PEst-OE/CTE/UI0039/2014 (CGUP).

Referências

- Abranches, M.C.B., Canilho, M.H., Canêlhas, M.G.S., 1979. Idade absoluta pelo método Rb-Sr dos granitos do Porto e de Portalegre (Nota preliminar). *Bol. Soc. Geol. Portugal* 21, 2/3: 239-248.
- Almeida, A., 2001. Geochemical and geochronological characterization of the syn-tectonic two-mica granite of Porto (NW Portugal). In: M. Lago, E. Arranz & C. Galé (Eds.). *Actas do III Congresso Ibérico de Geoquímica e VIII Congresso de Geoquímica de Espanha*, Zaragoza, pp.311-315.
- Almeida, A., Santos, J.F., Noronha, F., 2014. Contribuição dos sistemas isotópicos Sm-Nd e Rb-Sr para o estudo petrogenético do maciço granítico peraluminoso de duas micas da cidade do Porto (NW Portugal). *Comunicações Geológicas* 101, Especial I, pp. 27-30.
- Ferreira, N., Iglésias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., Ribeiro, M.L., 1987. Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J., Lopez Plaza, M., Rodriguez Alonso, M. (Eds.). *Geología de los Granitoides y Rocas Asociadas del Macizo Hesperico* (Eds.), Editorial Rueda, Madrid, pp. 37-51.
- Ludwig, K.R., 2012. *Isoplot 3.75. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 5.
- Martins, H., Almeida, A., Noronha, F., Leterrier, J., 2001. Novos dados geocronológicos de granitos da região do Porto: Granito do Porto e Granito de Lavadores. *Actas do VI Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XII Semana de Geoquímica*. Universidade do Algarve, Faro, pp.146-148.
- Mendes, F., 1967/1968. Contribution à l'étude géochronologique, par le méthode au strontium, des formations cristallines du Portugal. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol., Univ. Lisboa*, 11:1, 155p.
- Nebel, O., Scherer, E.E., Mezger, K., 2011. Evaluation of the ^{87}Rb decay-constant by age-comparison against the U-Pb system. *Earth Planet. Sci. Lett.* 301, 1-8.
- Priem, H.N.A., Boelrijk, N.A.I.M., Verschure, R.H., Hebeda, E.H., Verdurme, E. A. Th., 1970. Dating events of acid plutonism through the Paleozoic of the Western Iberian Peninsula. *Ecl. Geol. Helv.* 63, 255-274.
- Rotenberg, E., Davis, D.W., Amelin, Y., Ghosh, S., Berquist, B.A., 2012. Determination of the decay-constant of ^{87}Rb by laboratory accumulation of ^{87}Sr . *Geochim. Cosmochim. Acta* 85, 41-57.
- Silva, M.M.V.G., 1995. *Mineralogia, petrologia, e geoquímica de enclaves de rochas graníticas de algumas regiões Portuguesas*. Universidade de Coimbra. Tese de doutoramento. 288pp.
- Steiger, R.H., Jäger, E., 1977. Subcommission on geochronology: convention in the use of decay-constants in geo- and cosmochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.* 36, 359-362.